

19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Patentschrift  
11 DE 3811052 C1

21 Aktenzeichen: P 38 11 052.0-31  
22 Anmeldetag: 31. 3. 88  
43 Offenlegungstag: -  
45 Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 24. 8. 89

51 Int. Cl. 4:  
H 04 R 1/20  
H 04 R 7/06  
H 04 R 9/18  
H 04 R 1/40  
H 04 R 23/00

DE 3811052 C1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:

Messerschmitt-Bölkow-Blohm GmbH, 8012  
Ottobrunn, DE

72 Erfinder:

Kroy, Walter, Dipl.-Phys. Dr., 8012 Ottobrunn, DE;  
Seidel, Helmut, Dipl.-Phys. Dr., 8130 Starnberg, DE;  
Bschorr, Oskar, Dipl.-Ing. Dr., 8000 München, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 29 29 451 A1  
IC-Fertigungstechnik ermöglicht Mini-Mikrofon. In:  
Funkschau, H.15, 1986, S.9;

54 Mikromechanischer Schallgeber

Es wird ein Schallerzeuger beschrieben, bei dem eine Anzahl von Mikro-Membranen in ein Substrat in vorbestimmter Anordnung direkt einzeln, parallel oder seriell ansteuerbar ist.

Mittels der Einstellung einer bevorzugten Abstrahlrichtung der Schallsignale wird die Richtcharakteristik bestimmt. Bevorzugte Anwendungen, Herstellverfahren und Ausgangsmaterialien sind ebenso angegeben, wie einige Ausbildungen und Abwandlungen einschließlich Integrationsmöglichkeiten.

DE 3811052 C1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen Schallerzeuger mit membranartigem Bereich nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Meist weisen bekannte Schallerzeuger eine dünne Membran oder Folie (Metall-) auf, die durchbiegbar — nach einer oder beiden Seiten — aufgelagert ist und von außen elektromagnetisch oder piezoelektrisch erregt werden kann. Für die Befestigung und/oder Halterung solcher dünner Membranen oder Folien ist großer Fertigungsaufwand nötig.

Aus der deutschen Offenlegungsschrift 29 29 541 ist eine Ultraschallwandlerzuordnung bekanntgeworden, bei der einzelne Ultraschallschwinger durch Sägen mechanisch aufgetrennt werden. Dies bedingt relativ große Abstände (Sägeblattstärken) der einzelnen Schwinger zueinander. Durch die Zunahme der Spaltbreite bezogen auf die Fläche steigen die Schnittverluste entsprechend. Die Abstrahlung pro Flächeneinheit wird somit vermindert. Die Befestigung erfolgt durch Kleben.

Aus der deutschen Zeitschrift "Funkschau", 15/1986 vom 22.07.86, Seite 9 ist ein Mini-Mikrofon bekanntgeworden, das aus Siliziumnitrid gefertigt ist. Das Fertigungsverfahren ähnelt jedoch nur der IC-Produktion. Man wagt hier gerade nicht die Übernahme dort üblicher Verfahren in die Produktion bei Schallempfängern.

Die Erfindung stellt sich die Aufgabe, Mikro-Membranen so zusammen- oder herzustellen, daß eine einfache Ansteuerung/Erregung derselben in gewünschter Phasenbeziehung erfolgen kann und der Aufbau (oder diese Integration) auf geringstem Raum möglich wird. Diese Aufgabe wird gelöst durch die Anwendung von — an sich bei Halbleitern bekannter — Ätztechniken für Substrate und eine bestimmte Anordnung der Mikro-membranen gemäß Anspruch 1.

Vorteile des mikromechanischen Schallgebers:

Mit Hilfe des angegebenen mikromechanischen Fertigungsverfahrens ist es möglich, sehr kleine Wandlerbauelemente zu erzeugen, und eine Vielzahl solcher Bauelemente auf engstem Raum eines Substrats zu integrieren. Aufgrund dieser Fertigungsmöglichkeiten wird hier vorgeschlagen, eine Vielzahl von miniaturisierten Schallgebern in flächenhafter Anordnung und Verteilung auf dem Substrat in bestimmter Weise miteinander zu kombinieren. Als Substrat-Werkstoffe kommen insbesondere einkristalline Halbleitermaterialien wie Silizium oder GaAs in Anwendung, aber auch Gläser können Verwendung finden. Dadurch kann z. B. durch eine gezielte Phasenverschiebung der einzelnen Schallgeber untereinander eine gerichtete Abstrahlung erzielt werden. Ferner bestehen interessante Anwendungsmöglichkeiten im Bereich des Antischalls.

## Beschreibung von Ausführungsbeispielen der Erfindung

Die einzelnen Elemente des Schallwandlers können auf verschiedene Art aufgebaut werden. Eine Möglichkeit besteht darin, dünne Folien in der Art mikromechanische Elemente zu verwenden, wie sie z. B. aus Silizium herausgeätzt werden. Ein Ausführungsbeispiel ist in Fig. 1 und 2 gezeigt. Es besteht aus einer im Silizium freigeätzten Membran 1, die an mehreren Federarmen 2 elastisch gelagert ist.

Diese Membran verschließt eine Ventilöffnung 3 in einem gegenüberliegenden Glas- oder Siliziumsubstrat 4. Die Ansteuerung der Membran erfolgt vorzugsweise elektrostatisch, mittels einer um die Öffnung herum an-

gebrachten Gegenelektrode 5. Mit Hilfe dieser Anordnung kann ein unter Druck stehender Gasstrom gesteuert und somit ein Schallsignal erzeugt werden.

Für eine Mikromembran dieser Bauart ist mit einem Flächenbedarf von etwa  $1 \text{ mm}^2$  zu rechnen. Auf einer in der Halbleitertechnik vielfach verwendeten Siliziumscheibe mit 100 mm Durchmesser könnten somit mehrere 1000 Einzelelemente integriert werden. Jedes Einzelelement kann individuell angesteuert werden. Es besteht die Möglichkeit, die dazu erforderliche Ansteuerlogik unmittelbar auf der Siliziumscheibe mit zu integrieren. Der prinzipielle Aufbau einer solchen Gesamtanordnung ist in Fig. 3 dargestellt.

Die einzelnen Schallgeber können auch so ausgeführt werden, daß sie den Gasstrom nicht vollständig verschließen, sondern nur modulierend beeinflussen. Dazu kann die Membran in Fig. 2 z. B. mit Öffnungen versehen werden.

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, die einzelnen Schallgeber als dünne Membranen auszuführen, die durch ihre Bewegung in Luft eine Schallwelle erzeugen. Ein Beispiel dafür ist in Fig. 4 dargestellt. Die Membranen 1 können durch Gegenelektroden 5 angesteuert werden. Zur Reduzierung der Volumensteifigkeit des Zwischenbereiches 6 können Öffnungen 4 in das hintere Substrat eingebracht werden. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, auf die Öffnungen 3 zu verzichten, dafür aber den Zwischenraum 6 zwischen Teil 1 und Teil 4 zu evakuieren.

Zum Betreiben aller vorgeschlagenen Schallerreger ist neben dem bereits erwähnten, elektrostatischen Antrieb auch ein Betrieb mit magnetischen, piezoelektrischen oder thermischen Kräften (Bimetall) möglich.

Hinsichtlich der Auslegung des Gesamtsystems bestehen zwei Möglichkeiten. Zum einen können die einzelnen Schallerreger (Membran) im Frequenzumfang breitbandig ausgelegt werden. Somit überträgt jeder einzelne Geber das gesamte zu übertragende Signal. Durch Einstellung definierter Phasenbeziehungen der Einzelgeber untereinander kann die Abstrahlrichtung des Schallsignals gezielt eingestellt werden.

Eine andere Möglichkeit besteht darin, jeden Einzelgeber (Membran) schmalbandig nur in seiner Eigenresonanz zu betreiben. Dazu müssen die Geber mit gestaffelten Eigenfrequenzen ausgelegt werden. Die Notwendigkeit, den Frequenzgang der Geber zu glätten, entfällt damit und es sind geringere Kräfte zum Ansteuern erforderlich. Der Aufwand an Steuerkräften läßt sich weiter verringern, wenn die Geber auf Selbsterregung bei Luftdurchströmung ausgelegt sind (Harmonika-Prinzip). Das wiederzugebende, im allgemeinen Fall, breitbandige Signal, läßt sich nach der Theorie der Fourier-Synthese aus den monofrequenten Einzelsignalen synthetisieren. Notwendig ist dazu eine Individuelle Amplituden- und Phasensteuerung der Einzelgeber.

Um den Abstrahlungsgrad zu erhöhen, ist es vorteilhaft, mehrere gleich abgestimmte Geber zu verwenden und diese gleichmäßig über die abstrahlende Fläche zu verteilen. Der gegenseitige Abstand sollte kleiner als  $\lambda/2$  sein ( $\lambda$  = Schallwellenlänge). Bei dieser Auslegung vergrößert sich der Strahlungswiderstand und damit die Effektivität.

Durch die vorgeschlagene Erfindung können sehr kompakte, flache Schallgeber erzeugt werden. Aufgrund der einstellbaren Phasenbeziehungen der Einzelgeber kann eine gezielte Richtcharakteristik des Schallwandlers erreicht werden (Phasen-Array-Prinzip). Ferner könnte diese Anordnung als Antischallgeber ver-

wendet werden.

# Patentansprüche

1. Schallerzeuger mit membranartigem Bereich und  
daran wenigstens einseitig anschließendem Fluid,  
das bei Erregung der Membran durch einen An-  
trieb Schallsignale abgibt, wobei in einem platten-  
oder scheibenförmigen Körper eine Vielzahl von  
einzelnen Schwingern gebildet sind, die matrixför-  
mig über die Fläche mit der größten Ausdehnung  
des Körpers verteilt sind, **dadurch gekennzeich-**  
**net**, daß er einen einzigen Substratkörper aufweist,  
in dem in einem Array ohne Trennflächen Mikro-  
Membrane freigeätzt sind, die — insbesondere fe-  
dernd — gelagert, vom Antrieb bewegbar sind und  
daß der Antrieb und seine Ansteuerung auf dem  
Substratkörper integriert sind.
2. Schallerzeuger nach Anspruch 1, dadurch ge-  
kennzeichnet, daß er einen Siliziumhalbleiter oder  
einen anderen Halbleiter oder Glas als Substrat-  
körper aufweist.
3. Schallerzeuger nach Anspruch 1, dadurch ge-  
kennzeichnet, daß die Mikromembranen einzeln,  
parallel oder seriell ansteuerbar sind.
4. Schallerzeuger nach Anspruch 3, dadurch ge-  
kennzeichnet, daß der Antrieb für die Erregung der  
jeweiligen Mikro-Membranen elektrostatisch,  
elektromagnetisch, piezoelektrisch, thermisch (Bi-  
metall) oder fluidisch erfolgt.
5. Schallerzeuger nach einem der vorhergehenden  
Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Mi-  
kro-Membranen auf verschiedene Resonanzfre-  
quenzen abgestimmt sind und bei Resonanzfre-  
quenz betrieben werden, so daß das Schallsignal  
durch Fouriersynthese gebildet wird.
6. Schallerzeuger nach einem der vorhergehenden  
Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Mi-  
kro-Membranen in einer einstellbaren Phasenbe-  
ziehung zueinander (Phasen-Array) angesteuert  
werden, so daß der Schall in eine bestimmte Vor-  
zugsrichtung abgegeben wird.

Hierzu 2 Blatt Zeichnungen

FIG. 1

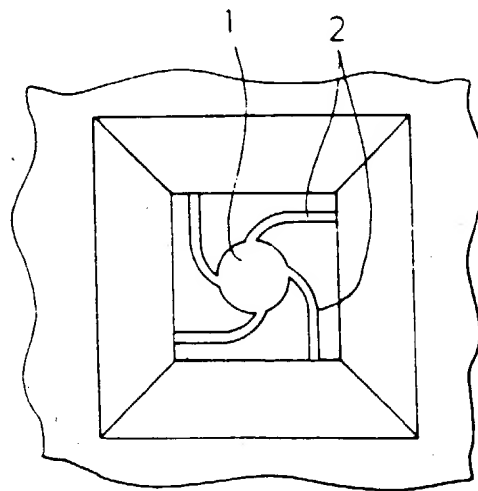
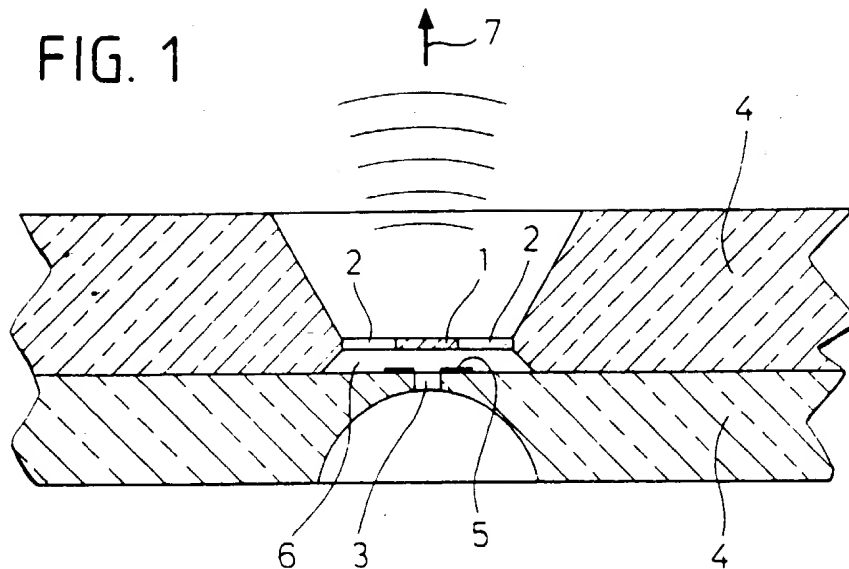


FIG. 2

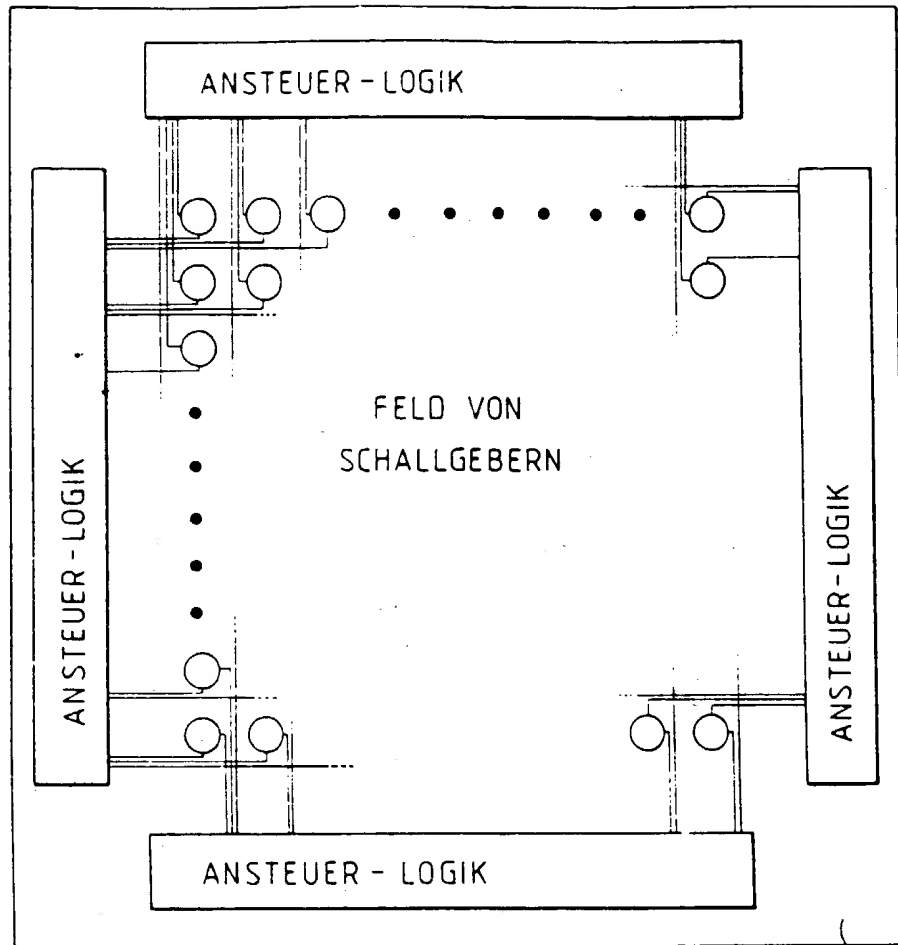


FIG. 3

8

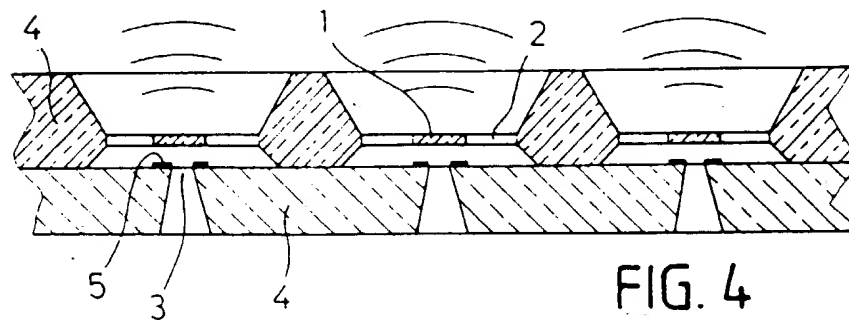


FIG. 4